

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-258300

(P2003-258300A)

(43) 公開日 平成15年9月12日 (2003.9.12)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 1 L 33/00

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

テームト* (参考)

C 5 F 0 4 1

審査請求 未請求 請求項の数30 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2002-53704 (P2002-53704)

(22) 出願日 平成14年2月28日 (2002.2.28)

(71) 出願人 000116024

ローム株式会社

京都府京都市右京区西院溝崎町21番地

(72) 発明者 田中 治夫

京都市右京区西院溝崎町21番地 ローム株式会社内

(74) 代理人 100086380

弁理士 吉田 稔 (外4名)

Fターム(参考) 5F041 AA03 CA33 CA34 CA40 CA46

CA65 CB15 DA04 DA20 DA44

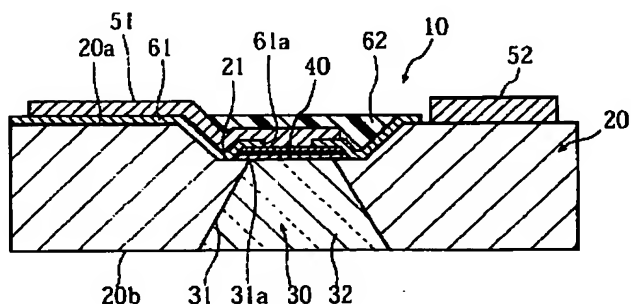
DA46

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 より安価であってかつ発光効率が高められた半導体発光素子を提供する。

【解決手段】 この半導体発光素子10は、互いに表裏の関係を有する第1面20aと第2面20bとをもつシリコン単結晶基板20と、上記第1面20aの選択された領域に導電性を有する所定の間層25を介して形成された窒化ガリウム系半導体層40と、上記窒化ガリウム系半導体層40の最上層に一部が接触させられ、かつ上記シリコン単結晶基板20に対して絶縁されている第1電極層51と、上記シリコン単結晶基板20の適部に形成された第2電極層52とを備えており、かつ、上記シリコン単結晶基板20には、上記窒化ガリウム系半導体層40から発せられた光を上記第2面20b側に導く導光路30が形成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 互いに表裏の関係を有する第1面と第2面とをもつシリコン単結晶基板と、上記第1面の選択された領域に導電性を有する所定の中間層を介して形成された窒化ガリウム系半導体層と、上記窒化ガリウム系半導体層の最上層に一部が接触させられ、かつ上記シリコン単結晶基板に対して絶縁されている第1電極層と、上記シリコン単結晶基板の適部に形成された第2電極層とを備えており、かつ、上記シリコン単結晶基板には、上記窒化ガリウム系半導体層から発せられた光を上記第2面側に導く導光路が形成されていることを特徴とする、半導体発光素子。

【請求項 2】 上記導光路は、上記窒化ガリウム系半導体層の最下層の表面の一部を上記第2面側に実質的に露出させるようにして上記シリコン単結晶基板を厚み方向に貫通する孔によって形成されている、請求項 1 に記載の半導体発光素子。

【請求項 3】 上記孔には、透光性の樹脂が充填されている、請求項 2 に記載の半導体発光素子。

【請求項 4】 上記樹脂には、蛍光体または光散乱材が混合されている、請求項 3 に記載の半導体発光素子。

【請求項 5】 上記孔は、第2面側に向かうほど拡張テーパ状を呈している、請求項 2 ないし 4 のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項 6】 上記孔は、第2面側に向かうほど拡張するパラボラ状を呈している、請求項 2 ないし 4 のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項 7】 上記窒化ガリウム系半導体層の最上層は、所定の中央領域を残して絶縁層によって覆われており、この絶縁層に覆われていない中央領域が上記第1電極層に接触させられている、請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項 8】 上記中央領域の径は、実質的に上記シリコン単結晶基板に設けた孔よりも小径とされている、請求項 7 に記載の半導体発光素子。

【請求項 9】 上記選択された領域は、上記第1面から陥没させた陥没部に形成されている、請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項 10】 上記陥没部には、保護部材が装填されている、請求項 9 に記載の半導体発光素子。

【請求項 11】 上記保護部材は、熱伝達機能を備えている、請求項 10 に記載の半導体発光素子。

【請求項 12】 上記窒化ガリウム系半導体層は、その一部が他の部分に対して厚み方向に偏倚させられている、請求項 1 ないし 11 のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項 13】 上記シリコン単結晶基板の第1面には、他の電子素子が造り込まれている、請求項 1 ないし 12 のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項 14】 上記第1電極層および第2電極層は、上

記シリコン単結晶基板における第1面側に配置されている、請求項 1 ないし 13 のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項 15】 請求項 14 に記載の半導体発光素子が、上記第1面を下にして実装対象に対して実装されていることを特徴とする、半導体発光素子の実装構造。

【請求項 16】 次のステップを含むことを特徴とする、半導体発光素子の製造方法。

(a) 互いに表裏の関係を有する第1面と第2面とをもつシリコン単結晶基板の第1面の選択された領域に対し、導電性を有する所定の中間層を介して窒化ガリウム系半導体層を形成するステップ、(b) 上記窒化ガリウム系半導体層の最上層に一部が接触させられ、かつ上記シリコン単結晶基板に対して絶縁されている第1電極層、および、上記シリコン単結晶基板の適部に形成された第2電極層を形成するステップ、(c) 上記シリコン単結晶基板に、上記窒化ガリウム系半導体層から発せられた光を上記第2面側に導くための導光路を形成するステップ。

【請求項 17】 表裏の関係を有する第1面と第2面とをもつシリコン単結晶基板と、上記第1面の選択された領域に搭載された発光ダイオードチップとを備えており、上記シリコン単結晶基板には、上記発光ダイオードチップから発せられた光を上記第2面側に導く導光路が形成されていることを特徴とする、半導体発光素子。

【請求項 18】 上記発光ダイオードチップは、サファイア基板上に窒化ガリウム系半導体層を成長させて構成された青色発光ダイオードチップである、請求項 17 に記載の半導体発光素子。

【請求項 19】 上記青色発光ダイオードチップは、上記サファイア基板を下にして上記選択された領域に搭載されている、請求項 18 に記載の半導体発光素子。

【請求項 20】 上記青色発光ダイオードチップは、上記サファイア基板を上にして上記選択された領域に搭載されている、請求項 18 に記載の半導体発光素子。

【請求項 21】 上記導光路は、上記発光ダイオードチップの一部を上記第2面側に実質的に露出させるようにして上記シリコン単結晶基板を厚み方向に貫通する孔によって形成されている、請求項 17 ないし 20 のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項 22】 上記孔には、透光性の樹脂が充填されている、請求項 21 に記載の半導体発光素子。

【請求項 23】 上記樹脂には、蛍光体または光散乱材が混合されている、請求項 21 に記載の半導体発光素子。

【請求項 24】 上記孔は、上記第2面側に向かうほど拡張するテーパ状を呈している、請求項 17 ないし 23 のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項 25】 上記孔は、上記第2面側に向かうほど拡張するパラボラ状を呈している、請求項 17 ないし 23 のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項 26】 上記選択された領域は、上記第1面から陥没させた陥没部に形成されている、請求項 17 ないし 25 のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項 27】 上記陥没部には、保護部材が装填されている、請求項 26 に記載の半導体発光素子。

【請求項 28】 上記シリコン単結晶基板の第1面には、他の電子素子が造り込まれている、請求項 17 ないし 27 のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項 29】 上記シリコン単結晶基板の第1面にはまた、上記青色発光ダイオードチップの一方の電極に導通する第1電極層と、上記青色発光ダイオードチップの他方の電極に導通する第2電極層とが配置されている、請求項 17 ないし 28 のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項 30】 請求項 29 に記載の半導体発光素子が、上記第1面を下にして実装対象に対して実装されていることを特徴とする、半導体発光素子の実装構造。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本願発明は、窒化ガリウム系の半導体発光素子およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】青色発光用の半導体発光素子（青色発光ダイオード）として、サファイア基板上に窒化ガリウム（Ga₂N）系の化合物半導体の結晶を有機金属化合物気相成長法等によってエピタキシャル成長させて形成したものが開発され、実用化されている。サファイアは、窒化ガリウム系半導体の結晶との格子定数差が小さいので、結晶方位を引き継いで、その表面上に上記の窒化ガリウム系の化合物半導体層を適正にエピタキシャル成長させることができる。

【0003】しかしながら、サファイアは、それ自体高価である上に、加工性に乏しいため、これを基板として用いて製造される従来の青色発光用のダイオードは、なお高価なものとならざるをえない現状である。

【0004】ところで、たとえば、特許第 3028809 号公報には、青色発光ダイオードのための基板として、安価で加工性のよいシリコン単結晶基板を用いた技術が開示されている。この技術は、シリコン単結晶基板上に水素終端処理を施した上で窒化チタン膜を中間層として形成し、その上に窒化ガリウム系半導体を成長させるというものである。水素終端処理を施すことにより、シリコン基板の表層のタングリングボンドに水素が結合させられ、アモルファス膜である T i シリサイドの形成を防止することができる。また、窒化チタンは、シリコンと同様の立方晶系の結晶構造をもつため、シリコン基板の結晶方位を良好に引き継いで配向させることができる。この窒化チタンの膜厚を適正に選ぶことにより、その上層に成長させるべき窒化ガリウム系の化合物半導体層もまた、シリコンの結晶方位を良好に引き継いだもの

とすることができる。

【0005】なお、シリコン単結晶基板上に窒化ガリウム系半導体をエピタキシャル成長させて青色発光ダイオードを形成するための手法としては、上記のように窒化チタン層の中間層を形成する他、AlN/AlGa₂N 中間層を形成する手法も提案されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、シリコンは、周知のように光吸収性の材料であるため、上記特許公報に開示された構成の青色発光ダイオードは、発光効率においてなお改善すべき点がみられる。

【0007】また、発光効率を向上させるための技術として、たとえば、特開平 5-13816 号公報には、サファイア基板が透明性を有している点を有効に利用して、サファイア基板側から光を取り出すようにしたものもある。

【0008】しかしながら、上記したように、サファイアは高価で加工性に乏しいため、このような基板を用いて製造された青色発光ダイオードは依然として高価であるし、また、基板が高価であるが故に、あるいは活性層を流れる電流密度を高めるために、チップとしては可能な限り小型化が図られるのであり、そうすると、このような小型のチップを発光効率を確保しつつ適正に母基板やフレームに実装するための現実的かつ有効な方策を図る必要がある。

【0009】本願発明は、上記したような事情のもとで考え出されたものであって、より安価であってかつ発光効率が高められた半導体発光素子を提供することを目的とする。

【0010】本願発明はまた、良好な発光効率をもちながら、実装対象への簡易な実装が可能な半導体発光素子を提供することを他の目的とする。

【0011】

【発明の開示】上記の目的を達成するため、本願発明では、次の各技術的手段を採用した。

【0012】本願発明の第1の側面によって提供される半導体発光素子は、互いに表裏の関係を有する第1面と第2面とをもつシリコン単結晶基板と、上記第1面の選択された領域に導電性を有する所定の中間層を介して形成された窒化ガリウム系半導体層と、上記窒化ガリウム系半導体層の最上層に一部が接触させられ、かつ上記シリコン単結晶基板に対して絶縁されている第1電極層と、上記シリコン単結晶基板の適部に形成された第2電極層とを備えており、かつ、上記シリコン単結晶基板には、上記窒化ガリウム系半導体層から発せられた光を上記第2面側に導く導光路が形成されていることを特徴としている。

【0013】好ましい実施の形態においては、上記導光路は、上記窒化ガリウム系半導体層の最下層の表面の一部を上記第2面側に実質的に露出させるようにして上記

シリコン単結晶基板を厚み方向に貫通する孔によって形成されている。

【0014】この場合において、上記孔には、好ましくは、透光性の樹脂が充填されている。また、好ましくは、上記樹脂には、蛍光体または光散乱材が混合されている。

【0015】好ましい実施の形態においてはまた、上記孔は、第2面側に向かうほど拡径テーパ状を呈している。また、孔は、第2面側に向かうほど拡径するパラボラ状を呈していてもよい。

【0016】好ましい実施の形態においてはさらに、上記窒化ガリウム系半導体層の最上層は、所定の中央領域を残して絶縁層によって覆われており、この絶縁層に覆われていない中央領域が上記第1電極層に接触させられている。

【0017】好ましい実施の形態においてはまた、上記中央領域の径は、実質的に上記シリコン単結晶基板に設けた孔よりも小径とされている。

【0018】好ましい実施の形態においてはさらに、上記選択された領域は、上記第1面から陥没させた陥没部に形成されている。この場合において、好ましくは、上記陥没部には、保護部材が装填されている。この上記保護部材は、好ましくは、熱伝達機能を備えている。

【0019】好ましい実施の形態においてはさらに、上記窒化ガリウム系半導体層は、その一部が他の部分に対して厚み方向に偏倚させられている。

【0020】他の好ましい実施の形態においては、上記シリコン単結晶基板の第1面には、他の電子素子が造り込まれている。

【0021】好ましい実施の形態においては、上記第1電極層および第2電極層は、上記第1面側に配置されている。

【0022】本願発明の第2の側面によって提供される半導体発光素子の実装構造は、上記本願発明の第1の側面に係る半導体発光素子が、上記第1面を下にして実装対象に対して実装されていることを特徴としている。

【0023】本願発明の第3の側面によって提供される半導体発光素子の製造方法は、次のステップを含むことを特徴としている。

(a) 互いに表裏の関係を有する第1面と第2面とをもつシリコン単結晶基板の第1面の選択された領域に対し、導電性を有する所定の中間層を介して窒化ガリウム系半導体層を形成するステップ、(b) 上記窒化ガリウム系半導体層の最上層に一部が接触させられ、かつ上記シリコン単結晶基板に対して絶縁されている第1電極層、および、上記シリコン単結晶基板の適部に形成された第2電極層を形成するステップ、(c) 上記シリコン単結晶基板に、上記窒化ガリウム系半導体層から発せられた光を上記第2面側に導くための導光路を形成するステップ。

【0024】本願発明の第4の側面によって提供される

半導体発光素子は、表裏の関係を有する第1面と第2面とをもつシリコン単結晶基板と、上記第1面の選択された領域に搭載された発光ダイオードチップとを備えており、上記シリコン単結晶基板には、上記発光ダイオードチップから発せられた光を上記第2面側に導く導光路が形成されていることを特徴としている。

【0025】好ましい実施の形態においては、上記発光ダイオードチップは、サファイア基板上に窒化ガリウム系半導体層を成長させて構成された青色発光ダイオードチップが用いられる。

【0026】この場合において、上記青色発光ダイオードチップは、上記サファイア基板を下にして上記選択された領域に搭載されるか、または、上記サファイア基板を上にして上記選択された領域に搭載されている。

【0027】好ましい実施の形態においてはまた、上記導光路は、上記発光ダイオードチップの一部を上記第2面側に実質的に露出させるようにして上記シリコン単結晶基板を厚み方向に貫通する孔によって形成されている。

【0028】好ましい実施の形態においてはさらに、上記孔には、透光性の樹脂が充填されている。この場合において、好ましくは、上記樹脂には、蛍光体または光散乱材が混合されている。

【0029】好ましい実施の形態においては、上記孔は、上記第2面側に向かうほど拡径するテーパ状を呈している。また、この孔は、上記第2面側に向かうほど拡径するパラボラ状を呈していてもよい。

【0030】好ましい実施の形態においては、上記選択された領域は、上記第1面から陥没させた陥没部に形成されている。この場合において、上記陥没部には、好ましくは、保護材が装填されている。

【0031】他の好ましい実施の形態においては、上記シリコン単結晶基板の第1面には、他の電子素子が造り込まれている。

【0032】好ましい実施の形態においてはさらに、上記シリコン単結晶基板の第1面にはまた、上記青色発光ダイオードチップの一方の電極に導通する第1電極層と、上記青色発光ダイオードチップの他方の電極に導通する第2電極層とが配置されている。

【0033】本願発明の第5の側面によって提供される半導体発光素子の実装構造は、上記本願発明の第4の側面に係る半導体発光素子が、上記第1面を下にして実装対象に対して実装されていることを特徴とする。

【0034】本願発明のその他の特徴および利点は、図面を参照して以下に行う詳細な説明から、より明らかとなろう。

【0035】

【発明の実施の形態】以下、本願発明の好ましい実施の形態につき、図面を参照して具体的に説明する。図1は、本願発明に係る半導体発光素子10の第1の実施形

10

20

30

40

50

態の縦断面図、図2は、図1の要部拡大図、図3は、図1に示す半導体発光素子の製造工程の一例の説明図である。

【0036】図1および図2に示すように、この半導体発光素子10は、上面を第1面20aとし、下面を第2面20bとする所定厚みのシリコン単結晶基板20を備えている。このシリコン単結晶基板20の平面視形状は、たとえば矩形状とされる。シリコン単結晶基板20の上面に選択された中央領域には、所定深さ段下げされた陥没部21が形成されている。この陥没部21の平面視形状は、たとえば円形とされる。

【0037】上記シリコン単結晶基板20にはまた、上記陥没部21の底部から第2面20bにかけて、厚み方向に貫通する孔31が形成されている。この孔31は、好ましくは、第2面20bに向かうほど拡張するテーパ穴状とされる。

【0038】上記陥没部21には、窒化ガリウム系の半導体層40が、その周縁部が上記孔31の開口31aの縁に載るような格好で配置されている。より具体的には、図2に良く表れているように、この窒化ガリウム系の半導体層40は、たとえば、N型半導体層41（Ga N層、あるいはAl Ga N層）、活性層42（In Ga N層）、P型半導体層43（Ga N層、あるいはAl Ga N層）を含み、これらを連続的にエピタキシャル成長させたものである。ただし、シリコン単結晶基板20上に上記の窒化ガリウム系半導体層40を適正に成長させるために、この窒化ガリウム系半導体層40は、上記シリコン単結晶基板20上に窒化チタン（Ti N）などの中間層25を形成した上で成長させられる。なお、この窒化ガリウム系半導体層40の形成の手法については、図3を参照して後述する。

【0039】上記窒化ガリウム系半導体層40の最上層の表面には、第1電極層51の一部が接触させられており、この第1電極層51は、上記シリコン単結晶基板20に対して絶縁がとられている。より具体的には、上記シリコン単結晶基板20の第1面20a側には、上記窒化ガリウム系半導体層40の最上層をその中央部の所定領域を残して覆い、かつ、陥没部21から第1面20aにかけて、第1電極層51を延出させるべき領域を覆うSiO₂などの絶縁層61を真空スパッタリングあるいは蒸着ないしはこれらとエッチングの手法を組み合わせ形成し、さらに、AuあるいはAg系の導体金属により上記第1電極層51を真空スパッタリングあるいは蒸着ないしはこれらとエッチングの手法を組み合わせ形成する。図に示す実施形態では、上記第1電極層51は、その一端が陥没部21の内部において上記窒化ガリウム系半導体層40の上面に接触し、他端がシリコン単結晶基板20の第1面20aの適部に配置されている。また、上記絶縁層61における上記半導体層40の上面を露出させる開口61aの径は、シリコン単結晶基板20

0に設けた孔31の第1面20a側の開口31aの径よりも小に設定されている。シリコン単結晶基板20の第1面20aの適部にはまた、このシリコン単結晶基板20と導通する第2電極層52が形成されている。この第2電極層52もまた、第1電極層51と同様にして形成することができる。

【0040】上記陥没部21には、上記第1電極層51の一部を埋めるようにして、たとえばエポキシ樹脂からなる保護部材62が装填されている。この保護部材62には、好ましくはシリコンコンパウンド等の熱良導性の部材を混入させておけば、放熱を促進することができる。

【0041】上記孔31には、好ましくは、エポキシ樹脂などの透光性樹脂32が充填される。これにより、このエポキシ樹脂は、上記窒化ガリウム系半導体層40が発する光を第2面20b側に導くための導光路30としての役割と、上記半導体層40のための保護部材としての役割を果たす。また、上記エポキシ樹脂32にたとえば蛍光体あるいは金属微粉末からなる光散乱材を混入しておいてもよい。

【0042】以上の構成において、窒化ガリウム系半導体層40のP型半導体層43は第1電極層51に、N型半導体層41はシリコン単結晶基板20を介して第2電極層52にそれぞれ導通されているから、両電極層51、52間に通電すると、窒化ガリウム系半導体層40は、その活性層42において青色に発光する。この光は、導光路30を介してシリコン単結晶基板20の第2面20bに効率的に取り出される。上記したように、導光路30（エポキシ樹脂32）中に蛍光体あるいは光散乱材を混入させておくと、第2面20b側に取り出される光の効率がさらに高められ、導光路30の開口を全面発光させることができ、また、発光色を調節することもできる。さらには、図に示す実施形態では、上記窒化ガリウム系半導体層40の上記第1面20a側の露出部のすべてが金属電極層（第1電極層51）によって覆われているため、この金属電極層が光反射面として機能し、上記活性層42から図1の上方に向かった光を無駄となることなく反射させて、上記導光路30に向けて照射させる。このことによっても、発光効率が著しく高まる。さらには、上記窒化ガリウム系半導体層40の上記第1面20a側を覆う絶縁層61の開口61aの径を上記導光路30の径よりも小としているので、窒化ガリウム系半導体層40の活性層42の選択された中央領域を主に発光させることができる。これにより、発光部がシリコン単結晶基板20の孔31の縁31a等の陰になることを防止することができ、このことによっても発光効率が高められる。

【0043】なお、この半導体発光素子10は、シリコン単結晶が基板として用いられているため、この基板20の第1面20aに対してウエハプロセスを施すことに

より、たとえば、ドライブ用定電流回路、あるいはロジック回路等の他の素子または素子集合体を造り込み、I C一体型の半導体発光素子を構成することも容易である。

【0044】図4は、上記構成の半導体発光素子10の母基板5等の実装対象に対する実装構造の一例を示す。こ半導体発光素子10は、シリコン単結晶基板20の第1面20aに第1電極層51および第2電極層52が形成されているので、フェイスダウン方式によって母基板5に実装することができる。このように実装した状態において、窒化ガリウム系半導体層40から発せられた光は、導光路30を介して上方に照射されるので、好都合である。

【0045】次に、上記構成の半導体発光素子10の製造方法の一例につき、図3を参照して説明する。

【0046】図3(a)に示すように、シリコン単結晶基板20が準備される。このシリコン単結晶基板20は、200~400 μ m程度の厚みを有し、互いに表裏面の関係を有する第1面20aおよび第2面20bを有している。図は、単体の半導体発光素子のための区分された領域を示し、矩形の平面視形態を有するが、実際の製造においては、上記のような区分が縦横に複数連続したウエハ状態のものが準備される。また、第1面20aには、陥没部21がエッチングなどによって形成される。この陥没部21の平面視形態は、たとえば円形である。

【0047】上記のようなシリコン単結晶基板20の第1面20aにおける上記の陥没部21には、窒化ガリウム系の半導体層40が形成される。このような半導体層40を適正に形成するために、シリコン単結晶基板20の表面が水素終端処理された上で、窒化チタン(TiN)からなる中間層25がプラズマスパッタリング法等によって形成され、この中間層25上に上記窒化ガリウム系半導体層40がエピタキシャル成長させられる。上記窒化ガリウム系半導体層40は、より具体的には、N型半導体層41(GaN層、あるいはAlGaN層)、活性層42(InGaN層)、P型半導体層43(GaN層、あるいはAlGaN層)が連続的にエピタキシャル成長させられることによって形成される。陥没部21内の限定的な領域に上記の窒化ガリウム系半導体層40を形成するためには、シリコン単結晶基板20の第1面20aの全面に上記の半導体層40を成長させた上、不要な部分をエッチングによって除去してもよいし、成長領域を限定したいわゆる選択エピタキシャル成長の手法によって形成することもできる。シリコン単結晶基板上に水素終端処理をした上で窒化チタン中間層を形成すれば、その上方に窒化ガリウム系半導体層が適正に成長させられることは、すでに本明細書の冒頭で説明したとおりである。

【0048】次に、図3(c)に示すように、シリコン単結晶基板20の第1面20aの所定部位に、絶縁層61

としてのたとえばシリコン酸化膜(SiO₂)が蒸着またはスパッタリング等によって形成される。この絶縁層61は、上記窒化ガリウム系半導体層40の上面中央部を残して陥没部21を覆うとともに、第1面20aの適所まで延出させられている。この絶縁層61の形成領域の選択は、エッチングによって行われる。

【0049】次いで、図3(d)に示すように、第1電極層51および第2電極層52が形成される。前述したように、第1電極層51は、窒化ガリウム系半導体層40の露出上面に接触させられるようにしつつ、上記絶縁層61の上面にそって、上記第1面20aの適所まで延出形成される。第2電極層52は、シリコン単結晶基板20の第1面20aの適所に直接的に形成される。これら第1電極層51および第2電極層52は、蒸着またはスパッタリングによって形成され、形成領域の選択は、エッチングによって行われる。なお、これらの電極層51、52は、たとえば、Au系またはAg系の金属材料によって形成される。

【0050】次いで、図3(e)に示すように、シリコン単結晶基板20に、その第2面20b側から、上記窒化ガリウム系半導体層40の底面の一部を露出させるようにして、孔31が形成される。この孔31の形成は、たとえば、エッチングによって行われる。

【0051】次いで、第1面20aの陥没部21に保護部材62を装填するとともに、上記孔31にエポキシ樹脂などの透光性樹脂32を充填した上、ウエハを各単位素子領域ごとに分割することにより、図1に示した構成の半導体発光素子10を得る。

【0052】図5は本願発明の半導体発光素子10の第2の実施形態の要部断面図である。この実施形態においては、図1に示した実施形態とは次の点が異なる。すなわち、窒化ガリウム系半導体層40は、周縁領域に対して中央領域が基板20の第1面20a側に偏倚させられており、かつ、シリコン単結晶基板20に設けられる孔31は、第2面20b側に向かうほど拡径するパラボラ状としている。また、この孔31の内面には、AgあるいはAl等を蒸着して形成した反射膜33が形成されている。その余の点は、図1に示した実施形態と同様であるので、説明は省略する。

【0053】上記のように窒化ガリウム系半導体層40が部分的に偏倚させられている結果、この半導体層40の表面に変曲部分が生じる。窒化ガリウム系半導体層40の屈折率は2以上であるために、活性層42から発した光が外部に出射されにくくなるが、上記のように半導体層40の表面が変曲させられていることにより、光が半導体層40の内部を導波する間に臨界反射角よりも小さい角度で界面に入射する確率が高まり、この光が外部に出射されやすくなる。このことは、半導体発光素子10としての発光効率を高めることに寄与する。

【0054】また、孔31の内面を上記のようにパラボ

ラ状とするとともに、反射膜 33 が形成されていることにより、光をより効率的に外部に取り出すことができるようになる。なお、この実施形態に係る半導体発光素子 10 についても、図 3 を参照して上述した手法を踏襲して製造しうることは、容易に理解されよう。

【0055】図 6 は、本願発明に係る半導体発光素子 10 の第 3 の実施形態を示す断面図である。この半導体発光素子 10 は、第 1 面 20 a と第 2 面 20 b とを有するシリコン単結晶基板 20 の第 1 面 20 a に、従来手法で作製された青色発光ダイオードチップ 70 を搭載し、この青色発光ダイオードチップ 70 から出射させた光を上記シリコン単結晶基板 20 に貫通形成した導光路 30 を通してこの基板 20 の第 2 面 20 b 側に出射させるようにしたものである。

【0056】すなわち従来手法によって作製された青色発光ダイオードチップ 70 は、サファイア基板 71 の上面に N 型半導体層 72 (Ga N 層、あるいは Al Ga N 層)、活性層 73 (In Ga N 層) および P 型半導体層 74 (Ga N 層、あるいは Al Ga N 層) を順次形成し、N 型半導体層 72 に形成した露出面に N 側電極 52 を、P 型半導体層 74 の表面に P 側電極 51 を、それぞれ形成したものである。この実施形態では、サファイア基板 71 を下にして、上記第 1 面 20 a に形成した陥没部 21 に実装している。N 側電極 52 および P 側電極 51 は、それぞれ、上記第 1 面 20 a に配した配線パターン 80 に対してワイヤボンディングによって導通させられている。各電極 51, 52 に対応する配線パターン 80 は、上記第 1 面 20 a の適所まで引き回され、そこにバンプ 63 が形成されている。各配線パターン 80 の下層には、シリコン単結晶基板 20 との絶縁を図るため、シリコン酸化膜等の絶縁層 61 が介装させられている。

【0057】第 1 の実施形態と同様、シリコン単結晶基板 20 に設けた孔 31 には、好ましくは、エポキシ樹脂等の透光性樹脂 32 が充填される。また、上記第 1 面 20 a 側の陥没部 21 にも、好ましくはエポキシ樹脂等の保護部材 62 が装填され、チップ 70 およびボンディングワイヤ 75 が保護される。

【0058】以上の構成において、発光ダイオードチップ 70 の活性層 73 から発せられた光は透明なサファイア基板 71 を透過し、上記の導光路 30 を介してシリコン単結晶基板 20 の第 2 面 20 b 側から効率的に取り出される。P 側電極 51 を全面電極としておけば、この電極 51 が反射面として機能し、活性層 73 から図 6 の上方に発せられた光も無駄とすることなく、導光路 30 に向けて反射し、基板 20 の第 2 面 20 b 側から効率的に外部に取り出すことができる。

【0059】また、この実施形態においても、第 1 の実施形態と同様、シリコン単結晶基板 20 にウェハプロセスを施すことにより、定電流回路やロジック回路を一体に造り込むことができるという利点を有する。そして、

この半導体発光素子もまた、上記基板 20 の第 1 面 20 a を下にして、いわゆるフェイスダウン方式で母基板等の実装対象に実装することができる。

【0060】図 7 は、本願発明に係る半導体発光素子 10 の第 4 の実施形態を示す断面図である。この実施形態においても、図 6 に示した実施形態と同様、従来手法で作製された青色発光ダイオードチップ 70 が用いられているが、本実施形態では、サファイア基板 71 を上にして、実装されている。この場合、N 側電極 52 と P 側電極 51 との高さ調整がなされ、これらの電極 51, 52 が上記第 1 面 20 a に形成された配線パターン 80 に対し、異方性導電膜や導電性接着剤などで直接的に接続されている。その余の構成は図 6 に示した実施形態と同様であるので、説明は省略する。この実施形態においても、図 6 に示した実施形態と同様の利点を享受できることは、容易に理解されよう。なお、本実施形態の場合、サファイア基板 71 の表面に、金属反射膜 (図示略) を形成しておく、活性層 73 から図の上方に向けて進行する光を導光路 30 に向けて反射させ、半導体発光素子 10 としての発光効率をより高めることができる。

【0061】もちろん、この発明の範囲は上述した実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲の各請求項に記載した事項の範囲内でのあらゆる変更は、すべて本願発明の範囲に含まれる。

【0062】たとえば、シリコン単結晶基板 20 上に窒化ガリウム系半導体層 40 を適正に成長させるための中間層 25 としては、上記した窒化チタンのほか、Al N / Al Ga N を採用することもできる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本願発明に係る半導体発光素子の第 1 の実施形態を示す縦断面図である。

【図 2】図 1 に示した半導体発光素子の要部拡大断面図である。

【図 3】図 1 に示した半導体発光素子の製造方法の一例の説明図である。

【図 4】図 1 に示した半導体発光素子の実装状態の一例の説明図である。

【図 5】本願発明に係る半導体発光素子の第 2 の実施形態を示す要部断面図である。

【図 6】本願発明に係る半導体発光素子の第 3 の実施形態を示す要部断面図である。

【図 7】本願発明に係る半導体発光素子の第 4 の実施形態を示す要部断面図である。

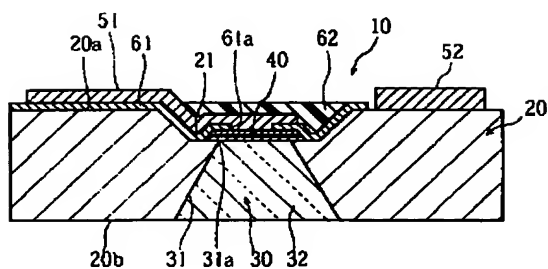
【符号の説明】

- 10 半導体発光素子
- 20 シリコン単結晶基板
- 20 a 第 1 面
- 20 b 第 2 面
- 21 陥没部
- 25 中間層

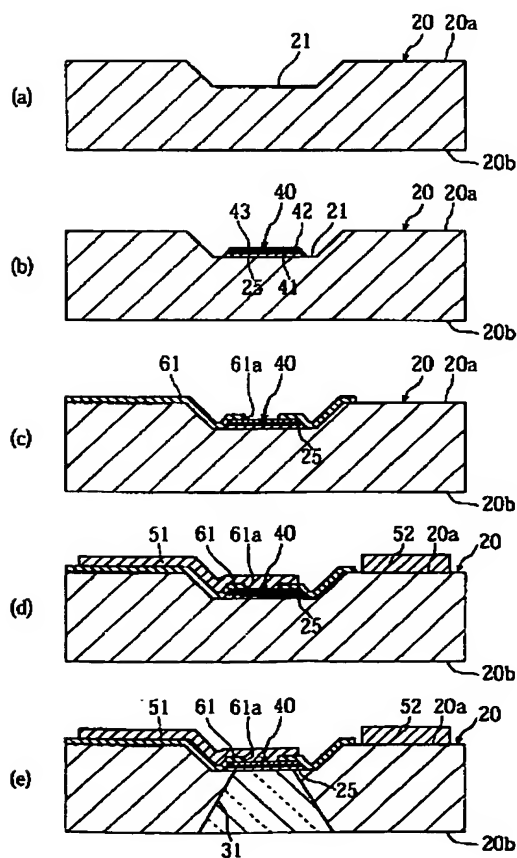
- 30 導光路
 31 孔
 31a 開口
 32 透光性樹脂（エポキシ樹脂）
 33 反射膜
 40 窒化ガリウム系半導体層
 41 N型半導体層
 42 活性層
 43 P型半導体層
 51 第1電極層（P側電極）
 52 第2電極層（N側電極）

- * 61 絶縁層
 61a 開口
 62 保護部材
 70 青色発光ダイオードチップ
 71 サファイア基板
 72 N型半導体層
 73 活性層
 74 P型半導体層
 75 ワイヤ
 10 80 配線パターン
 *

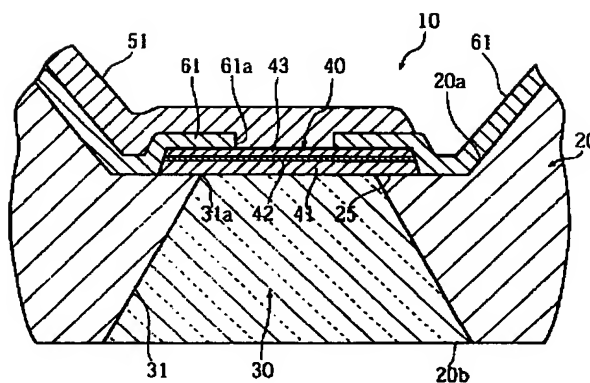
【図1】



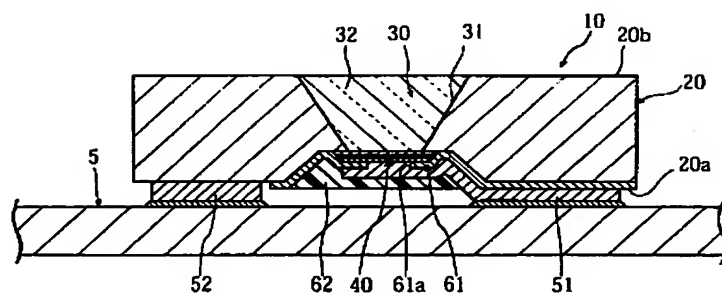
【図3】



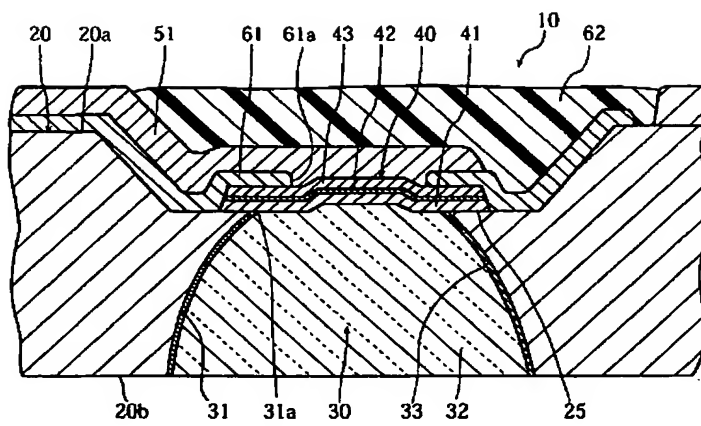
【図2】



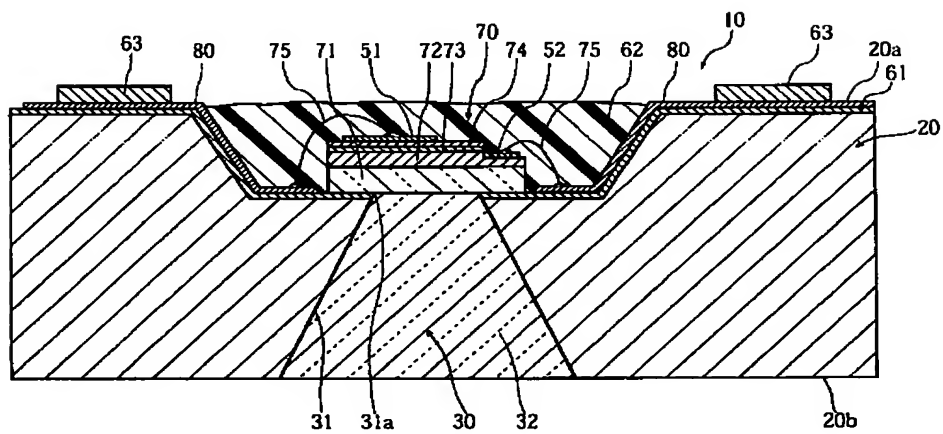
【図4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

